

URBAN HEAT ISLAND KOTA SURABAYA

Sobirin¹ dan Rizka Nurul Fatimah²

¹ Dosen Departemen Geografi, Fakultas MIPA – Universitas Indonesia

² Alumni Departemen Geografi, Fakultas MIPA- Universitas Indonesia

Email: sobirin_62@yahoo.com

ABSTRAK

Perkembangan jumlah dan aktivitas penduduk perkotaan diyakini telah berpengaruh terhadap degradasi lingkungan fisik perkotaan, ditandai dengan menurunnya kualitas udara dan meningkatnya *urban heat islands* (UHI). Hasil beberapa penelitian menunjukkan pola spasial suhu permukaan di perkotaan menunjukkan terbentuknya UHI di daerah pusat kota dan makin ke arah pinggiran kota cenderung semakin menurun. Peningkatan suhu udara perkotaan tersebut diduga berkontribusi pula terhadap fenomena pemanasan global dan perubahan iklim yang sedang terjadi. Melalui pengolahan dan interpretasi citra Landsat yang diverifikasi dengan survey lapangan pada 40 lokasi dengan stratified random sampling, penelitian ini ingin mengungkapkan pola spasial UHI dan kecenderungan arah perubahannya di Kota Surabaya pada periode 1994-2000 dan 2000 – 2011, dengan mengkaitkannya dengan variabel tutupan lahan, kerapatan vegetasi dan kerapatan bangunan. Hasil analisis spasial menunjukkan bahwa UHI di Kota Surabaya pada tahun 1994, 2000 dan 2011 terbentuk di pusat kota dan cenderung semakin bertambah luas arealnya. Peningkatan UHI di Kota Surabaya berbanding lurus dengan kerapatan bangunan, dan berbanding terbalik dengan kerapatan vegetasi. Perubahan UHI pada periode 1994-2000 terjadi dari arah pusat kota ke arah utara dan selatan kota, sedangkan pada periode 2000-2011 cenderung terjadi dari pusat kota ke barat dan timur kota.

Kata Kunci: Citra Landsat, Kerapatan Bangunan, Kerapatan Vegetasi, Kota Surabaya, Urban Heat Island.

I. PENDAHULUAN

Kota yang pada umumnya berawal dari suatu pemukiman kecil secara spatial mempunyai lokasi strategis bagi kegiatan perdagangan, seiring dengan perjalanan waktu mengalami pertumbuhan dan perkembangan sebagai akibat dari pertambahan penduduk dengan tingkatan sosio-ekonomi dan budayanya serta interaksinya dengan kota-kota lain dan atau daerah di sekitarnya. Secara fisik, perkembangan suatu kota dapat terlihat dari penduduknya yang makin bertambah dan makin padat, bangunan-bangunannya yang semakin rapat dan *build-up area*

terutama pemukiman yang cenderung semakin luas, serta semakin lengkapnya fasilitas kota yang mendukung kegiatan sosial dan ekonomi kota (Branch, 1996).

Perubahan pemanfaatan lahan yang terjadi di kota-kota besar pada gilirannya menyebabkan kondisi urban heat islands di perkotaan lebih tinggi dibandingkan dengan wilayah di sekitarnya atau yang dikelah dengan istilah kutub panas kota (*urban heat island*). Kutub panas terbentuk jika sebagian tumbuh-tumbuhan (vegetasi) digantikan oleh aspal dan beton untuk jalan, bangunan dan struktur lain yang diperlukan untuk mengakomodasi

pertumbuhan jumlah penduduk yang tinggi. Permukaan tanah yang tergantikan tersebut akan lebih banyak menyerap panas matahari dan memantulkannya, sehingga menyebabkan urban heat islands di kota itu naik. Hal ini akan berpengaruh terhadap kondisi kualitas udara, kesehatan manusia dan juga akan berpengaruh terhadap penggunaan energi yang ada di kota tersebut (*U.S. Environment Protection Agency, 2001*). Peningkatan pulau panas juga merupakan salah satu faktor yang menyebabkan adanya perubahan iklim global (*U.S. Global Change Research Program, 2001*).

Kota Surabaya adalah Ibukota Provinsi Jawa Timur dan merupakan kota terbesar kedua di Indonesia setelah Jakarta. Letak geografisnya yang strategis membuat pemerintah kolonial Belanda, pada abad ke-19, memutuskannya sebagai pelabuhan utama dari rangkaian terakhir kegiatan pengumpulan hasil produksi pertanian di ujung timur Pulau Jawa untuk ekspor ke Eropa. Keputusan ini mengakibatkan bentuk dan struktur kota menjadi seperti pita yang membentang dari arah utara (pelabuhan) ke selatan (pedalaman penghasil pertanian dan perkebunan) (Handinoto dan Hartono, 2007).

Masih terbatasnya informasi yang menggambarkan pola spasial urban heat islands di Kota Surabaya menjadi alasan dilakukannya penelitian ini. Diharapkan dengan adanya penelitian ini dapat digunakan untuk memantau perubahan urban heat islands akibat perubahan penutup/penggunaan lahan, kerapatan vegetasi dan kerapatan bangunan, sehingga dampak lebih jauh pada kondisi iklim dan lingkungan wilayahnya dapat diantisipasi lebih awal. Informasi tersebut selanjutnya dapat digunakan oleh pihak-pihak pengambil keputusan terkait dalam membuat perencanaan pembangunan di Kota Surabaya.

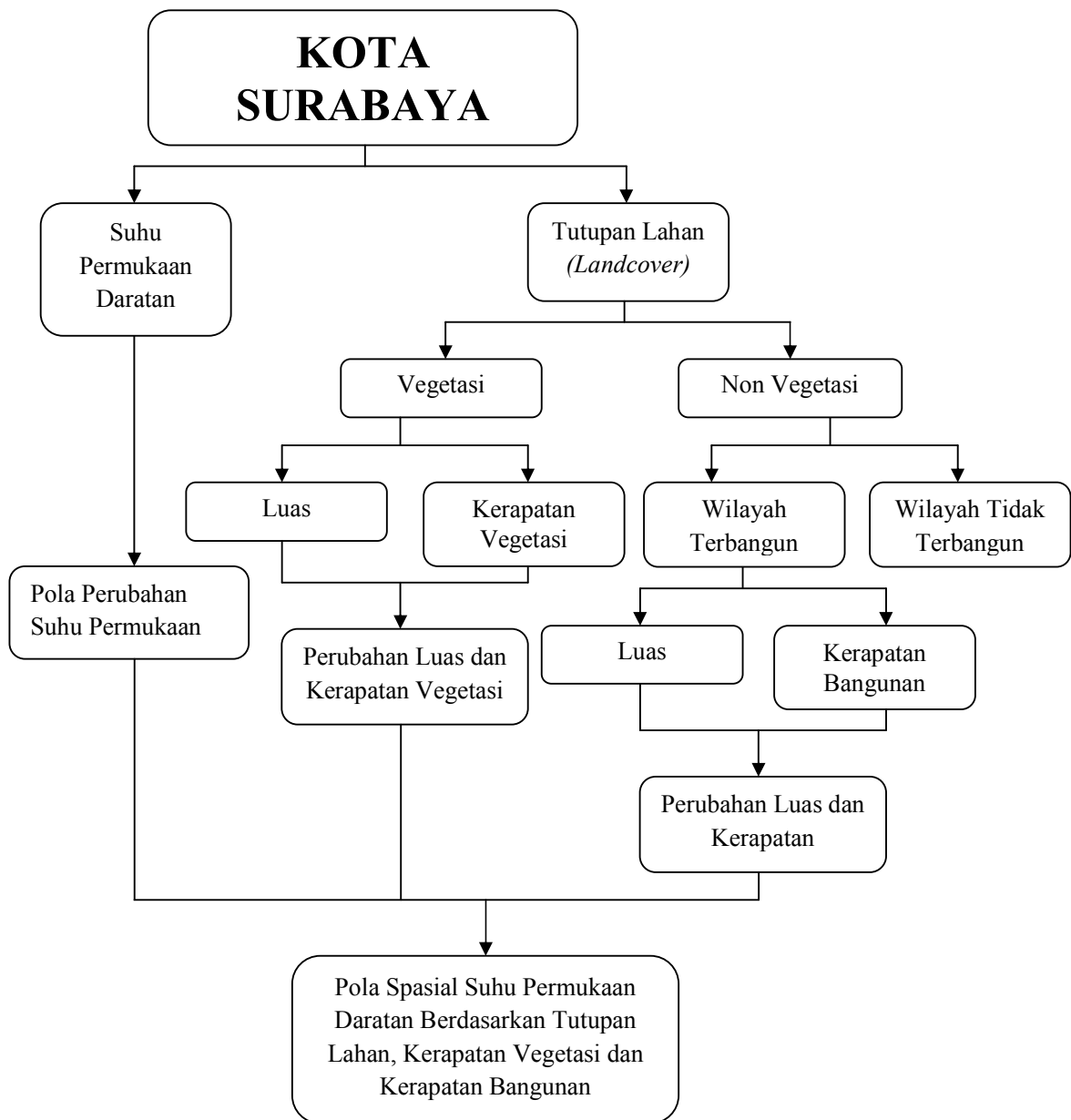
II. METODOLOGI

A. Kerangka Alur Pikir

Pola spasial urban heat islands di Kota Surabaya akan dilihat berdasarkan perubahan urban heat islands pada tahun 1994, 2000 dan 2011, sehingga dapat diketahui sejauh mana pola spasial perubahan urban heat islands yang terjadi di wilayah tersebut.

Pada umumnya, tingkat kerapatan bangunan yang terdapat di pusat kota tinggi, sehingga ruang terbuka hijau (tutupan vegetasi) yang ada menjadi semakin berkurang dan digantikan dengan wilayah terbangun. Permukaan tanah yang tergantikan tersebut akan lebih banyak menyerap panas matahari dan memantulkannya, sehingga menyebabkan urban heat islands di kota itu naik. Adanya kerapatan bangunan yang tinggi dan berkurangnya ruang terbuka hijau akan berdampak pada naiknya urban heat islands di kota itu sendiri dan pada akhirnya akan menimbulkan penurunan daya dukung lingkungan (degradasi lingkungan).

Pendekatan yang digunakan berupa pendekatan keruangan (spasial) dan pendekatan ekologi. Penelitian ini dilakukan dengan membandingkan pola spasial urban heat islands pada tahun 1994, 2000 dan 2011, sehingga akan terlihat perubahan dan arah suhu permukaannya, serta seberapa besar pengaruh tutupan lahan, kerapatan vegetasi, dan kerapatan bangunan terhadap urban heat islands di wilayah tersebut, sehingga dampak lebih jauh pada kondisi iklim dan lingkungan wilayahnya dapat diantisipasi lebih awal.



Gambar 1. Alur Pikir Penelitian

Variabel dalam penelitian ini terbagi menjadi dua, yaitu: Variabel terikatnya (dependen) adalah urban heat islands dan variabel bebas (independen) berupa tutupan lahan, kerapatan vegetasi dan kerapatan bangunan.

B. Teknik Pengumpulan dan Jenis Data

Penelitian ini menggunakan data yang terdiri dari dua jenis, yaitu data primer dan data sekunder.

1. Data primer berupa pemeriksaan atau verifikasi yang diperoleh dari hasil survey lapang yang dilakukan dalam cakupan 90 m² atau 3 x 3 piksel Landsat.
2. Data sekunder diperoleh dari instansi terkait dan studi literatur. Data-data yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:
 - a) Peta Administrasi dan Jaringan Jalan Kota Surabaya skala 1:50.000 dari Badan Pertanahan Nasional (BPN).
 - b) Peta Penggunaan Tanah tahun 1995, 2004 dan 2009 Kota Surabaya skala 1:50.000 dari Badan Pertanahan Nasional (BPN).
 - c) Data Demografi Kota Surabaya tahun 1994, 2000 dan 2010 dari Badan Pusat Statistik (BPS).
 - d) Google Earth Kota Surabaya
 - e) Data Suhu, Kelembaban dan Curah hujan Kota Surabaya tahun 1994, 2000 dan 2011 dari BMKG.
 - f) Citra Landsat 5 TM Kota Surabaya *path* 118 *row* 65 tanggal 24 September 1994 pukul 09.02 WIB dari Pusat Teknologi dan

Data Penginderaan Jauh, LAPAN.

- g) Citra Landsat 7 ETM+ Kota Surabaya *path* 118 *row* 65 tanggal 17 Agustus 2000 pukul 09.26 WIB dari U.S. Geological Survey (USGS) (<http://www.usgs.gov/>).
- h) Citra Landsat 7 ETM+ Kota Surabaya *path* 118 *row* 65 tanggal 1 September 2011 pukul 09.28 WIB dari PT. Seameo Biotrop, Bogor.
- i) Studi literatur yang didapat dari buku, skripsi, tesis, dan *browsing* internet untuk mendapatkan referensi yang berhubungan dengan penelitian.

C. Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan bantuan software Arc.Gis 9.3, Arc.View, ER Mapper 7.0, Envi 4.4, dan SPSS 13. Pada proses awal pengolahan citra terlebih dahulu harus dilakukan koreksi. Terdapat dua koreksi yang dilakukan dalam penelitian ini, yaitu: Koreksi Radiometrik dan Koreksi Geometrik.

Setelah citra terkoreksi, maka citra akan dipotong sesuai dengan *Area of Interest*. Proses pengolahan citra adalah sebagai berikut:

1. Ekstraksi tutupan lahan dari citra baik TM maupun ETM+ dilakukan dengan menggunakan metode klasifikasi terbimbing (*supervised classification*). Tutupan lahan dibagi menjadi 6 (enam) kelas diantaranya badan air, perairan darat, pertanian lahan basah, pertanian lahan kering, urban

(wilayah terbangun), dan tutupan awan. Verifikasi dilakukan dengan membandingkan terhadap hasil survey lapang, peta penggunaan tanah dari BPN, dan Google Earth.

2. Melakukan pengolahan NDVI yang dihasilkan dari citra satelit Landsat TM dan ETM+ dengan menggunakan saluran 3 dan saluran 4, dengan formula:

$$NDVI = \frac{NIR-RED}{NIR+RED}$$

dimana:

NDVI : *normalized difference vegetation index* atau nilai/indeks dari kondisi vegetasi/tumbuhan disuatu wilayah.

NIR : *near infrared reflectance* atau pantulan sinar inframerah dekat (saluran 4)

RED : *red reflectance* atau pantulan sinar merah (saluran 3)

3. Suhu permukaan didapat dari hasil perhitungan nilai kecerahan satelit (*brightness value*). Dalam metode ini, diasumsikan bahwa kandungan air pada atmosfer adalah konstan untuk wilayah yang kecil, sehingga kondisi atmosfer dapat dianggap seragam dan pengaruh kondisi atmosfer pada *radiance temperature* dapat diabaikan (Chen et al., 2005).

Pengambilan nilai suhu permukaan dari citra Landsat 5 (TM)

Chen, Wang, dan Li pada tahun 2002 mengembangkan metode untuk mendapatkan suhu permukaan dengan 2 cara:

Pertama, *digital number* (DN) band 6 dikonversikan menjadi *radiation luminance* ($R_{TM6} = mW \text{ cm}^{-2} \text{ sr}^{-1}$) dengan formula:

$$R_{TM6} = \frac{V}{255} (R_{max} - R_{min}) + R_{min}$$

dimana:

V = DN band 6

$R_{max} = 1,896 (mW \text{ cm}^{-2} \text{ sr}^{-1})$

$R_{min} = 0,1534 (mW \text{ cm}^{-2} \text{ sr}^{-1})$

Lalu *radiation luminance* dikonversikan menjadi nilai kecerahan satelit dalam satuan derajat Kelvin, $T(^{\circ}K)$, dengan persamaan:

$$T = \frac{K1}{\ln(K2/RTM6/b)+1}$$

dimana:

T : suhu permukaan ($^{\circ}K$)

K1 : konstanta kalibrasi 1 (watt/meter persegi*ster* μm) sebesar 607,76

K2 : konstanta kalibrasi 2 (watt/meter persegi*ster* μm) sebesar 1260,56

b : *range* spektral efektif ketika respon sensor melebihi 50% sebesar 1.239 (μm)

Pengambilan nilai suhu permukaan dari Citra Landsat 7 (ETM+)

Landsat 7 mempunyai 2 band thermal yaitu band 6 *low gain* dan band 6 *high gain*. Band 6 *low gain* akan dianalisis dalam hal ini mengacu pada formula yang telah ditetapkan oleh Landsat 7 User's Handbook.

Pertama, *digital number* (DN) band 6 dikonversikan menjadi nilai radiansi ($L\lambda$) dengan formula berikut:

Radiansi ($L\lambda$) = gain*DN + offset

yang dapat diekspresikan menjadi:

$$\text{Radiasi } (L\lambda) = \frac{L_{\text{MAX}} - L_{\text{MIN}}}{Q_{\text{CALMAX}} - Q_{\text{CALMIN}}} * (Q_{\text{CAL}} - Q_{\text{CALMIN}}) + L_{\text{MIN}}$$

dimana:

$Q_{\text{CALMIN}} = 1$

$Q_{\text{CALMAX}} = 255$

$Q_{\text{CAL}} = \text{DN}$

L_{MAX} dan L_{MIN} adalah radiansi spektral dari band 6 pada *digital number* 1 sampai dengan 255 (didapatkan dari *header* file citra).

Lalu, nilai kecerahan satelit dapat diambil dari nilai radiansi spektral di atas dengan persamaan berikut ini:

$$T = \frac{K2}{\ln(K1/L\lambda + 1)}$$

dimana:

T : suhu permukaan (OK)

K1 : konstanta kalibrasi 1 (watt/meter persegi*ster* μm) sebesar 666,09

K2 : konstanta kalibrasi 2 (watt/meter persegi*ster* μm) sebesar 1282,71

$L\lambda$: radiasi atau spectral radiance (watt/meter persegi*ster* μm)

Temperatur dalam satuan derajat Kelvin ini kemudian diubah ke dalam satuan derajat Celcius dengan rumus:

$$\text{Temperatur Celcius} = \text{Temperatur Kelvin} - 273.15$$

4. Melakukan pengolahan data untuk mendapatkan klasifikasi kerapatan bangunan.

Melakukan pengolahan indeks urban (*Urban Index*) yang dikembangkan oleh

(Kawamura et al., 1997) yaitu:

$$IU = \left[\frac{B7 - B4}{B7 + B4} + 1 \right] \times 100$$

dimana:

IU = Indeks Urban

B7 = Saluran 7 (Inframerah Tengah II)

B4 = saluran 4 (Inframerah Dekat)

Data yang diperoleh dari hasil pengolahan citra dan survei lapang akan dikategorisasikan atau diklasifikasikan berdasarkan kebutuhan analisis data dan sebaran nilai data tersebut.

D. Analisis Data

Analisis data akan dilakukan baik secara kualitatif maupun kuantitatif.

Analisis kualitatif dilakukan dengan pendekatan keruangan (spasial) dan pendekatan ekologi. Untuk menganalisis pola spasial suhu permukaan serta perbedaannya digunakan pendekatan keruangan (spasial). Untuk menganalisis hubungan antara suhu permukaan dengan tutupan lahan, kerapatan vegetasi dan kerapatan bangunan digunakan pendekatan ekologi.

Selain analisis secara kualitatif, dilakukan juga analisis secara kuantitatif yang berupa perhitungan statistik. Analisis statistik digunakan untuk mengetahui kekuatan dan bentuk pengaruh antar variabel yang diuji. Analisis statistik yang digunakan berupa uji korelasi *Pearson Product Moment* untuk mengetahui seberapa besar hubungan antara kerapatan vegetasi dan kerapatan bangunan terhadap urban heat islands.

$$r_{XY} = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{\{n\sum X^2 - (\sum X)^2\}\{n\sum Y^2 - (\sum Y)^2\}}}$$

keterangan:

r = koefisien korelasi

n = jumlah sampel

X = variabel bebas

Y = variabel terikat

Sebagai sampel, diambil 100 titik (Peta 1) yang diasumsikan bisa mewakili informasi keseluruhan. Setiap titik memiliki nilai suhu permukaan, nilai indeks kerapatan vegetasi dan nilai indeks urban. Titik sampel korelasi tersebut kemudian dianalisis menggunakan metode statistik, yang hasilnya berupa grafik korelasi antara suhu dengan kerapatan vegetasi dan suhu dengan kerapatan

bangunan. Pengambilan titik sampel korelasi tersebut tersebar di daerah penelitian dengan tujuan untuk yaitu melihat seberapa besar korelasi antar variabel tersebut.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Tutupan Lahan Kota Surabaya Tahun 1994, 2000 dan 2011

Klasifikasi tutupan lahan dari citra satelit pada tahun 1994, 2000 dan 2011 menggunakan metode klasifikasi terbimbing (*supervised classification*). Hasil klasifikasi tutupan lahan tersebut dapat dilihat pada Tabel berikut.

Tabel 1. Luas dan Persentase Tipe Tutupan Lahan Kota Surabaya Tahun 1994, 2000 dan 2011

No	Tutupan Lahan	Luas Lahan					
		1994		2000		2011	
		km ²	%	km ²	%	km ²	%
1.	Badan Air	7,52	2,29	1,04	0,32	1,11	0,34
2.	Perairan Darat	55,80	16,98	76,04	23,15	52,11	15,87
3.	Pertanian Lahan Kering	49,94	15,19	38,88	11,83	31,00	9,44
4.	Pertanian Lahan Basah	65,78	20,01	61,39	18,69	64,02	19,50
5.	Wilayah Terbangun	149,6	45,53	142,6	43,43	180,1	54,85
6.	Tutupan Awan	4	0	9	2,58	2	0
		0		8,49		0	

Berdasarkan Tabel 1 dapat diketahui bahwa pada tahun 1994, 2000 dan 2011 luas tutupan lahan yang paling mendominasi adalah wilayah terbangun. Hal ini disebabkan karena jumlah penduduk yang terus meningkat setiap tahunnya, sehingga menyebabkan berkurangnya luas tutupan lahan vegetasi yang tadinya berupa pertanian lahan kering dan pertanian lahan basah menjadi wilayah terbangun. Badan air merupakan tutupan lahan yang memiliki luas wilayah terkecil dibandingkan dengan yang

lainnya. Untuk tutupan lahan berupa perairan darat yang lokasinya berada di dekat garis pantai tidak terlalu banyak mengalami perubahan. Terdapat tutupan awan sebesar 2,58% dari luas wilayah keseluruhan pada tahun 2000, sehingga tidak dapat diidentifikasi tutupan lahan yang tertutup oleh awan tersebut.

Survey tutupan lahan dilakukan pada bulan Maret 2012 dengan melakukan verifikasi data hasil klasifikasi citra pada tahun 2011. Survey dilakukan dengan cara mengambil sampel secara acak pada tiap-tiap kenampakan

tutupan lahan yang ada yaitu berupa wilayah terbangun, pertanian lahan kering, pertanian lahan basah, perairan darat, dan badan air yang dekat jaringan jalan dan mudah di akses.

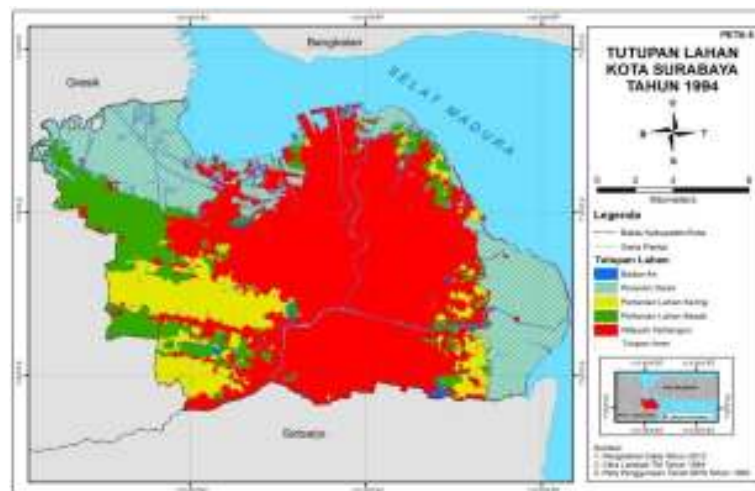
Pemeriksaan data atau verifikasi tutupan lahan juga dilakukan dengan cara membandingkan antara hasil interpretasi data yang berasal dari hasil klasifikasi terbimbing Citra Landsat tahun 2011 dan Citra

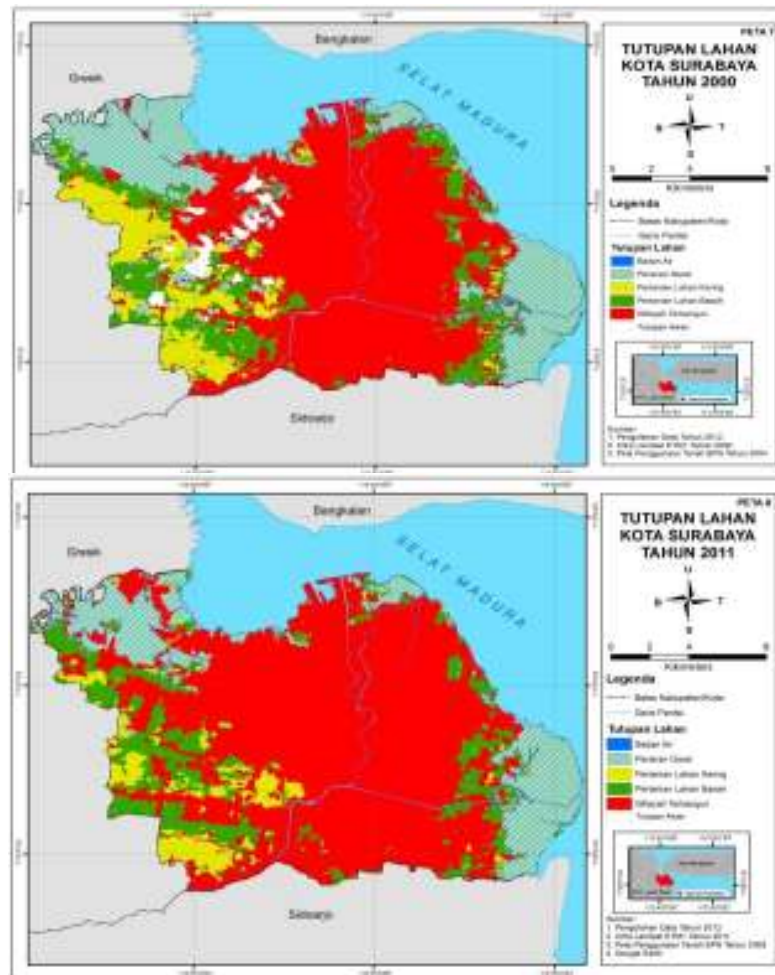
Geo Eye yang berasal dari aplikasi *google earth* terhadap survey lapang yang dilakukan pada 40 lokasi sampel. Hasil interpretasi data yang berasal dari citra landsat dan citra *geo eye* sebagian besar sesuai dengan hasil survey lapang yang dilakukan pada beberapa lokasi sampel dan memiliki nilai akurasi sebesar 83%. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 2. Verifikasi Data Tutupan Lahan pada Beberapa Lokasi Sampel

Lokasi Survey	Tutupan Lahan		
	Citra Landsat Tahun 2011	Citra <i>Geo Eye</i>	Hasil Survey Lapang
1	wilayah terbangun	permukiman	permukiman
2	wilayah terbangun	permukiman	permukiman
3	wilayah terbangun	permukiman	permukiman
4	perairan darat	tambak	tambak
5	wilayah terbangun	industri	industri
14	wilayah terbangun	permukiman	perdagangan dan jasa
22	perairan darat	tambak	tambak
23	perairan darat	tambak	tambak
38	pertanian lahan kering	vegetasi jarang	kebun/tegalan
39	pertanian lahan kering	vegetasi jarang	kebun/tegalan
40	pertanian lahan kering	vegetasi jarang	kebun/tegalan

Sumber: Pengolahan Data, 2012





Gambar 2. Peta Tutupan Lahan Kota Surabaya Tahun 1994, 2000 dan 2011
[Sumber: Pengolahan Data, 2012]

B. Kerapatan Vegetasi Kota Surabaya Tahun 1994, 2000 dan 2011

Kerapatan vegetasi dalam penelitian ini diwakilkan oleh nilai yang didapat dari hasil perhitungan NDVI. Pada tahun 1994, hasil pengolahan citra menunjukkan NDVI yang mempunyai rentang nilai cukup jauh antara -1,00 sampai dengan 0,75 dengan rata-rata sebesar -0,09 dan standar deviasinya sebesar 0,09 (Peta 9).

Hasil pengolahan citra pada tahun 2000 menunjukkan NDVI dengan rentang nilai yang tidak jauh berbeda dengan tahun 1994, berkisar antara -0,92 sampai dengan 0,66 dengan rata-rata sebesar -0,08 dan standar deviasinya sebesar 0,14 (Peta 10).

Hasil pengolahan citra pada tahun 2011 menunjukkan NDVI dengan rentang nilai yang jauh lebih pendek dibandingkan dengan tahun 1994 dan tahun 2000, berkisar antara -0,84

sampai dengan 0,63 dengan rata-rata sebesar -0,02 dan standar deviasinya sebesar 0,07 (Peta 11).

Berdasarkan perhitungan pada ketiga tahun tersebut dapat diketahui bahwa rata-rata nilai NDVI menunjukan angka minus (-) yang mengindikasikan bahwa Kota Surabaya, sangat jarang ditemukan vegetasi dengan kerapatan yang tinggi. Kerapatan

vegetasi tinggi bisa ditemukan di bagian sebelah timur dan barat Kota Surabaya. Sebagai contoh, di bagian barat terdapat area konsevasi yang berupa hutan mangrove. Untuk kerapatan vegetasi rendah dan non vegetasi terdapat di bagian utara sampai selatan Kota Surabaya. Sebagai contoh, di daerah pusat kota yang didominasi oleh bangunan.

Tabel 3. Luas dan Persentase Wilayah untuk Kerapatan Vegetasi Kota Surabaya Tahun 1994, 2000 dan 2011

Klasifikasi Kerapatan Vegetasi	Luas (km ²)			Persentase (%)		
	1994	2000	2011	1994	2000	2011
Tinggi	32,09	37,33	37,04	10,01	11,47	11,35
Sedang	88,37	98,13	92,66	27,56	30,14	28,39
Rendah	158,31	134,03	118,71	49,38	41,17	36,38
Non Vegetasi	41,85	56,09	77,93	13,05	17,23	23,88

Berdasarkan Tabel 3 dapat diketahui bahwa sebagian besar wilayah termasuk ke dalam kelas kerapatan vegetasi rendah, sedangkan kelas kerapatan vegetasi tinggi memiliki luas wilayah terkecil baik pada tahun 1994, 2000, maupun 2011.

Pada tahun 2000, wilayah kerapatan vegetasi tinggi dan sedang merupakan area yang paling dominan. Wilayah kerapatan vegetasi tinggi memiliki area seluas 33,73 km² atau 11,47%, sedangkan untuk kelas kerapatan vegetasi sedang seluas 98,13 atau 30,14%. Hal ini mungkin disebabkan karena curah hujan dan kelembaban udara pada tahun 2000 lebih tinggi dibandingkan tahun 1994 dan tahun 2011, sehingga kerapatan tajuk menjadi semakin lebat dan panas yang diserap ke dalam tanah menjadi besar. Pada

umumnya, kerapatan vegetasi tinggi berasosiasi dengan tutupan lahan berupa hutan dan taman kota, sedangkan untuk kerapatan vegetasi sedang berasosiasi dengan pertanian lahan kering dan pertanian lahan basah.

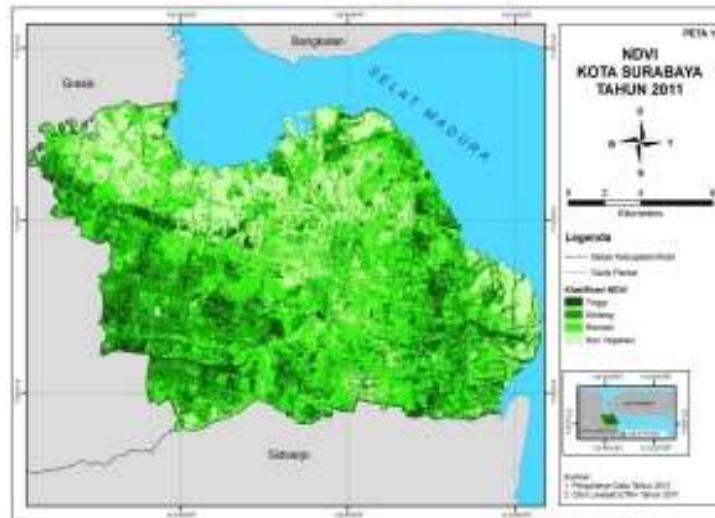
Wilayah kerapatan vegetasi rendah yang paling dominan terdapat pada tahun 1994 dengan wilayah seluas 158,31 km² atau 49,38%. Tetapi, sebagian besar wilayah pada tahun 1994 ini belum merupakan wilayah terbangun. Hal ini mungkin disebabkan karena adanya perbedaan kondisi atmosfer yang mempengaruhi nilai pantulan obyek yang terekam pada sensor. Kerapatan vegetasi dalam kelas ini berasosiasi dengan rumput, padang, lapangan rumput, bahkan sawah yang mengering atau *pasca* panen yang memiliki

struktur kanopi datar dan kerapatan tajuk jarang.

Kelas kerapatan non vegetasi yang paling dominan terdapat pada tahun 2011 dimana sebagian besar merupakan

wilayah terbangun dan sangat jarang ditemukan adanya vegetasi. Kelas kerapatan vegetasi ini juga berasosiasi terhadap tutupan lahan berupa badan air dan perairan darat.





Gambar 3. Peta Kerapatan Vegetasi Kota Surabaya Tahun 1994, 2000 dan 2011
Sumber: Pengolahan Data, 2012

C. Kerapatan Bangunan Kota Surabaya Tahun 1994, 2000 dan 2011

Kerapatan bangunan dalam penelitian ini diwakilkan oleh nilai yang didapat dari hasil perhitungan indeks urban (IU). Pada tahun 1994, hasil pengolahan citra menunjukkan indeks urban yang mempunyai rentang nilai antara 0 sampai dengan 186,67 dengan rata-rata sebesar 29,86 dan standar deviasinya sebesar 43,36 (Peta 12).

Hasil pengolahan citra pada tahun 2000 menunjukkan indeks urban dengan rentang nilai yang tidak jauh berbeda dengan tahun 1994 dan lebih pendek, berkisar antara 0 sampai dengan 184,62 dengan rata-rata sebesar 42,58 dan standar deviasinya sebesar 54,03 (Peta 13).

Hasil pengolahan citra pada tahun 2011 menunjukkan indeks

urban dengan rentang nilai yang lebih pendek dibandingkan dengan tahun 1994 dan tahun 2000, berkisar antara 11,76 sampai dengan 170,67 dengan rata-rata sebesar 100,53 dan standar deviasinya sebesar 6,64 (Peta 14).

Berdasarkan perhitungan pada ketiga tahun tersebut dapat diketahui bahwa rata-rata nilai indeks urban semakin bertambah tiap tahunnya. Hal ini mengindikasikan bahwa terdapat perkembangan wilayah terbangun akibat semakin bertambahnya jumlah penduduk. Perkembangan wilayah terbangun yang tadinya hanya memanjang dari arah utara ke selatan, semakin meluas ke arah timur sampai barat, sehingga terbentuklah keseimbangan dalam bentuk kotanya.

Tabel 4. Luas dan Persentase Kerapatan Bangunan Kota Surabaya
Tahun 1994, 2000 dan 2011

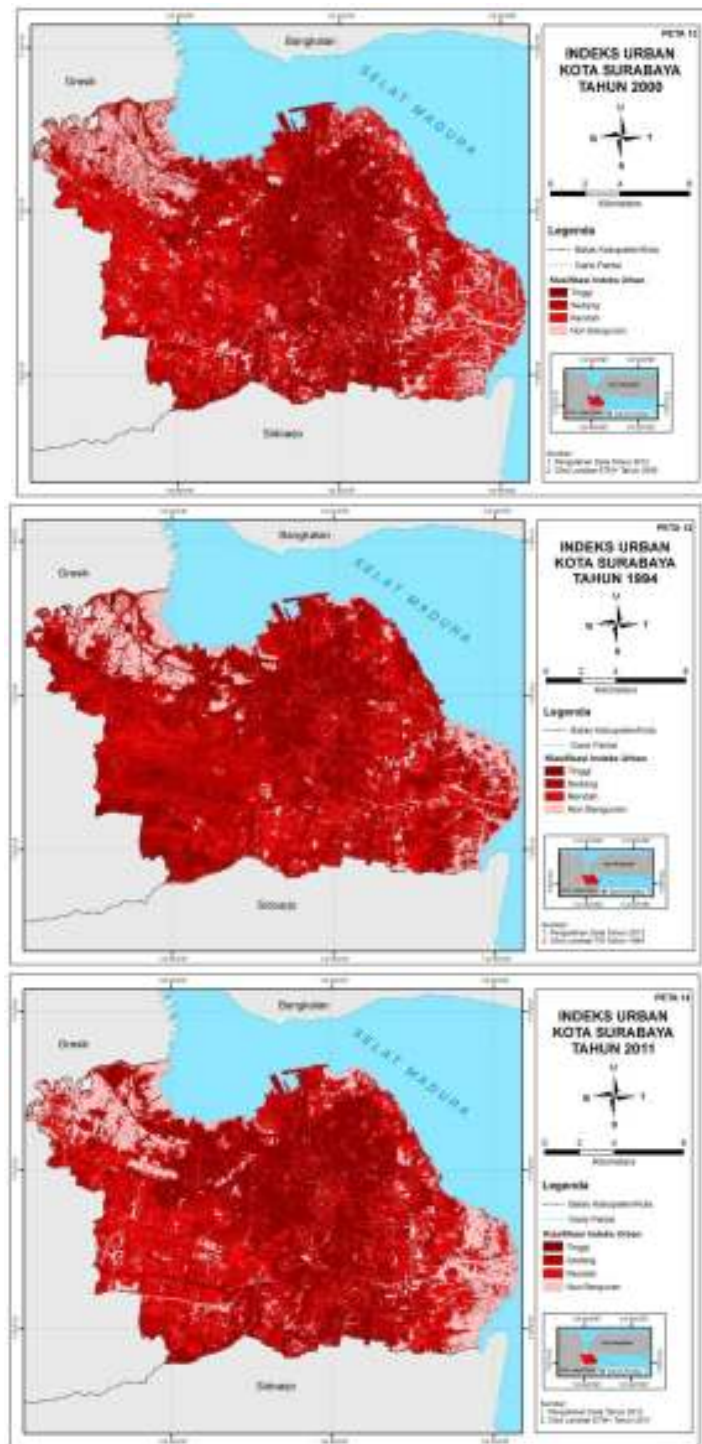
Klasifikasi Kerapatan Bangunan	Luas (km ²)			Persentase (%)		
	1994	2000	2011	1994	2000	2011
Tinggi	89,52	81,93	88,44	27,25	24,94	27,04
Sedang	124,34	99,72	97,34	37,86	30,35	29,63
Rendah	70,73	90,11	83,15	21,53	27,43	25,31
Non Bangunan	43,87	56,78	59,22	13,36	17,28	18,02

Berdasarkan Tabel 4 di atas, dapat diketahui bahwa sebagian besar wilayah termasuk ke dalam kelas kerapatan bangunan sedang, sedangkan kelas non bangunan memiliki luas wilayah terkecil baik pada tahun 1994, 2000 maupun 2011.

Wilayah kerapatan bangunan dengan kelas kerapatan tinggi tidak begitu jauh berbeda antara tahun 1994 dan tahun 2011. Tetapi, terdapat perbedaan mendasar pada kedua tahun tersebut, dimana pada tahun 1994 nilai indeks urban dengan kelas kerapatan tinggi tidak hanya terdapat pada bangunan, tetapi terdapat pula pada tutupan lahan berupa sawah yang sudah mengering (*pasca panen*). Hal ini mungkin disebabkan karena adanya perbedaan kondisi atmosfer yang mempengaruhi nilai pantulan obyek yang terekam pada sensor, sehingga luas wilayah dengan kelas kerapatan bangunan tinggi pada tahun 1994 sedikit lebih besar dibandingkan dengan tahun

2011. Untuk tahun 2000 dan tahun 2011, nilai indeks urban dengan kelas kerapatan tinggi sebagian besar terdapat pada tutupan lahan berupa wilayah terbangun yang terdapat di pusat kota berupa gedung-gedung bertingkat, permukiman padat, dan wilayah industri.

Transformasi indeks urban memang memiliki keunggulan sekaligus kelemahan dalam mempresentasikan distribusi tingkat kerapatan bangunan. Keunggulannya yaitu transformasi indeks urban dapat mempresentasikan tingkat kerapatan bangunan dengan baik, sedangkan kelemahannya yaitu hasil klasifikasi citra distribusi indeks urban adalah peta kelas kerapatan bangunan tentatif, tidak aktual apabila tidak seluruh daerah liputan berupa lahan terbangun, sehingga dalam menganalisa pola spasial kerapatan bangunan yang dihasilkan dari transformasi indeks urban perlu dilakukan survey lapang.



Gambar 4. Peta Kerapatan Bangunan Kota Surabaya Tahun 1994, 2000 dan 2011
Sumber: Pengolahan Data, 2012

D. Pola Spasial Urban heat islands Kota Surabaya Tahun 1994, 2000 dan 2011

Berdasarkan hasil pengolahan citra satelit pada tanggal 24 September 1994 pukul 09.02 WIB, dapat diketahui bahwa nilai urban heat islands terendah sebesar $17,63^{\circ}\text{C}$ dan tertinggi sebesar $39,42^{\circ}\text{C}$. Rata-

rata urban heat islands sebesar $28,26^{\circ}\text{C}$ dengan nilai standarnya deviasi sebesar $4,63^{\circ}\text{C}$.

Berdasarkan perhitungan yang diperoleh pada citra satelit tahun 1994, hasilnya dikelompokkan menjadi 5 kelas seperti yang ada pada Tabel 5 di bawah ini.

Tabel 5. Klasifikasi Urban heat islands Tahun 1994

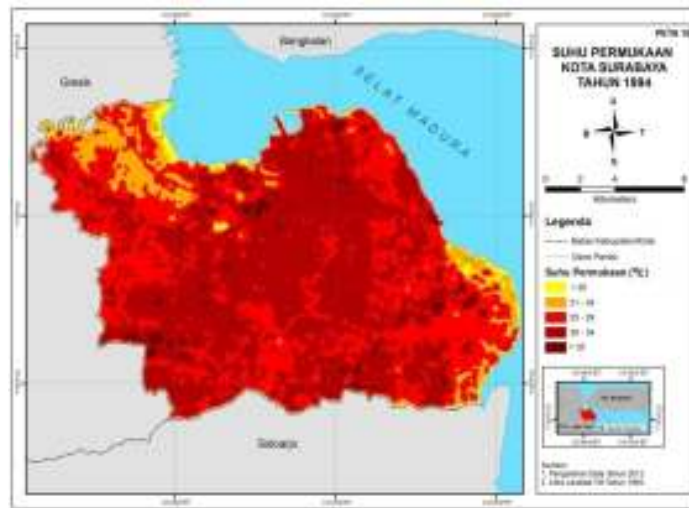
Kelas	Suhu Permukaan ($^{\circ}\text{C}$)	Luas	
		km^2	%
1	< 20	26,52	8,04
2	21 – 24	39,58	12,00
3	25 – 29	81,94	24,85
4	30 – 34	147,87	44,85
5	> 35	33,79	10,25

Sumber: Pengolahan Data, 2012

Wilayah suhu pada kelas 4 mencakup 44,85% dari keseluruhan luas Kota Surabaya. Kemudian, diikuti oleh wilayah suhu kelas 3 yang mencakup 24,85%, kelas 2 yang mencakup 12,00%, kelas 5 (wilayah UHI) yang mencakup 10,25%, dan wilayah dengan luas paling kecil yaitu kelas 1 yang hanya mencakup 8,04% dari wilayah penelitian.

Secara umum pola spasial suhu permukaan pada tahun 1994, yaitu wilayah dengan suhu permukaan tertinggi (wilayah UHI) terdapat hanya sebagian kecil di wilayah pusat kota yang penggunaan tanahnya berupa permukiman padat dan industri.

Walaupun ada sebagian yang berada di sebelah barat dan timur wilayah penelitian yang penggunaan tanahnya yang berupa sawah. Hal ini mungkin disebabkan karena adanya perbedaan kondisi atmosfer yang mempengaruhi nilai pantulan obyek yang terekam pada sensor atau bahkan sawah yang mengering atau *pasca* panen yang memiliki struktur kanopi datar dan kerapatan tajuk jarang. Suhu permukaan terendah sebagian besar berada di bagian timur dan barat laut Kota Surabaya yang tutupan lahannya berupa badan air yang melintasi kota dan perairan darat.



Gambar 5. Peta Suhu Permukaan Kota Surabaya Tahun 1994
Sumber: Pengolahan Data, 2012

Pada citra satelit tanggal 17 Agustus 2000 pukul 09.26 WIB, dapat diketahui bahwa rata-rata nilai suhu permukaan dan standar deviasi lebih rendah dibandingkan pada tahun sebelumnya. Nilai urban heat islands terendah sebesar $16,49^{\circ}\text{C}$ dan tertinggi sebesar $30,37^{\circ}\text{C}$. Rata-rata urban heat islands

sebesar $24,28^{\circ}\text{C}$ dengan nilai standar deviasinya sebesar $3,20^{\circ}\text{C}$.

Berdasarkan perhitungan yang diperoleh pada citra satelit tahun 2000, hasilnya dikelompokkan menjadi 5 kelas seperti yang ada pada Tabel 6 di bawah ini.

Tabel 6. Klasifikasi Urban heat islands Tahun 2000

Kelas	Suhu Permukaan ($^{\circ}\text{C}$)	Luas	
		km^2	%
1	< 18	11,40	3,52
2	19 – 21	37,72	11,65
3	22 – 24	61,75	19,07
4	25 – 27	75,55	23,34
5	> 28	137,34	42,42

Sumber: Hasil Pengolahan Data, 2012

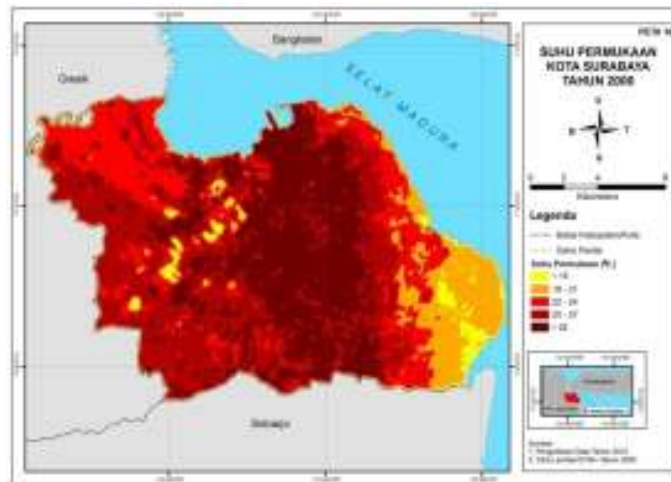
Wilayah suhu pada kelas 5 (wilayah UHI) mencakup 42,42% dari wilayah keseluruhan Kota Surabaya. Diikuti oleh wilayah suhu kelas 4 yang mencakup 23,24%, kelas 3 yang mencakup 19,07%, kelas 2 yang mencakup 11,65%, dan wilayah

dengan luas paling kecil yaitu kelas 1 yang hanya mencakup 3,52% dari wilayah penelitian.

Secara umum, pola spasial suhu permukaan pada tahun 2000 yaitu wilayah suhu tertinggi (wilayah UHI) sebagian besar terdapat di wilayah pusat kota

yang memanjang dari utara sampai ke selatan dengan tutupan lahan berupa wilayah terbangun. Terdapat pula sedikit di bagian barat dengan tutupan lahan berupa industri dan pertanian lahan kering. Suhu terendah

terdapat di bagian timur dan barat laut Kota Surabaya yang tutupan lahannya berupa perairan darat dan badan air yang melintasi kota sert awan yang menutupi sebagian kecil wilayah penelitian.



Gambar 6. Peta Suhu Permukaan Kota Surabaya Tahun 2000
Sumber: Pengolahan Data, 2012

Pada citra satelit tanggal 1 September 2011 pukul 09.28 WIB, dapat diketahui bahwa rata-rata nilai urban heat islands lebih tinggi dibandingkan dengan dua tahun sebelumnya, walaupun nilai suhu permukaan tertingginya lebih kecil dibandingkan dengan tahun 1994. Nilai urban heat islands terendah sebesar $18,37^{\circ}\text{C}$ dan

tertinggi sebesar $35,15^{\circ}\text{C}$. Rata-rata urban heat islands sebesar $29,51^{\circ}\text{C}$ dengan nilai standar deviasinya sebesar $3,54^{\circ}\text{C}$.

Berdasarkan perhitungan yang diperoleh pada citra satelit tahun 2011, hasilnya dikelompokkan menjadi 5 kelas seperti yang ada pada Tabel 7 di bawah ini.

Tabel 7. Klasifikasi Urban heat islands Tahun 2011

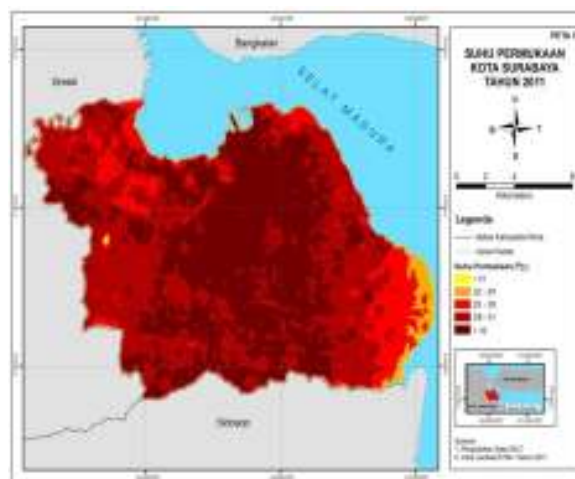
Kelas	Suhu Permukaan ($^{\circ}\text{C}$)	Luas	
		km^2	%
1	< 21	9,86	2,98
2	22 – 25	15,64	4,73
3	26 – 28	44,89	13,59
4	29 – 31	66,47	20,12
5	> 32	193,56	58,58

Sumber: Hasil Pengolahan Data, 2012

Wilayah suhu kelas 5 (wilayah UHI) mencakup 58,58% dari keseluruhan luas wilayah Kota Surabaya. Diikuti oleh wilayah suhu kelas 4 yang mencakup 20,12%, kelas 3 yang mencakup 13,59%, kelas 2 yang mencakup 4,73%, dan wilayah dengan luas paling kecil yaitu kelas 1 yang hanya mencakup 2,98% dari wilayah penelitian.

Secara umum, pola spasial suhu permukaan pada tahun 2011

mengalami perkembangan wilayah suhu tertinggi (wilayah UHI) ke arah barat dan timur Kota Surabaya dengan tutupan lahan berupa wilayah terbangun. Suhu terendah terdapat di bagian timur Kota Surabaya yang tutupan lahannya berupa perairan darat dan badan air yang melintasi kota serta awan yang menutupi sebagian kecil wilayah penelitian.



Gambar 7. Peta Suhu Permukaan Kota Surabaya Tahun 2011
Sumber: Pengolahan Data, 2012

E. Perbedaan Pola Spasial Urban Heat Islands

Berdasarkan Tabel 5, Tabel 6 dan Tabel 7 dapat diketahui bahwa antara tahun 1994, tahun 2000 dan tahun 2011 telah terjadi perubahan suhu yang cukup signifikan. Wilayah suhu pada kelas 1 sampai 4 mengalami penurunan dari tahun ke tahun. Tetapi untuk wilayah suhu pada kelas 5 (wilayah UHI) sebaliknya, mengalami penambahan luas yang dari tahun ke tahun.

Perkembangan wilayah suhu permukaan pada kelas 5 (wilayah UHI) berawal dari pusat kota pada tahun 1994, kemudian memanjang hingga ke selatan pada tahun 2000, dan pada akhirnya mengalami keseimbangan wilayah suhu, dimana tidak hanya berkembang dari utara sampai ke selatan, tetapi juga mengalami perkembangan wilayah dari arah timur ke barat.

Pada peta di atas (baik pada tahun 1994, 2000 maupun 2011), terlihat jelas perbedaan suhu

antara daerah *urban* (perkotaan) dengan daerah *rural* (perkampungan). Daerah *rural* yang bervegetasi, suhu permukaannya cenderung lebih rendah dibandingkan dengan daerah *urban* yang sebagian besar wilayahnya merupakan lahan permukiman. Daerah sub-*urban* permukiman yang tidak bervegetasi juga memiliki suhu permukaan yang lebih tinggi dibandingkan dengan daerah sekitarnya yang bervegetasi. Daerah tersebut juga dapat disebut sub-pulau panas, dan dalam perkembangannya akan menjadi pulau panas yang baru, jika pengembangan perkotaannya tidak memperhatikan efek lingkungan.

Terjadinya perubahan wilayah UHI ini dianalisis sebagai akibat dari adanya perkembangan wilayah terbangun karena adanya globalisasi yang mendorong perpindahan daerah industri ke arah pinggir kota (karena tanah yang murah dan infrastruktur yang memadai), yang mengakibatkan multiplier efek yang besar terhadap bentuk dan struktur Kota Surabaya, dari kota yang dulunya cenderung berbentuk seperti pita dari utara ke selatan, kemudian dengan adanya pembangunan jalan arteri utama yang diciptakan dari arah timur ke barat menyebabkan adanya keseimbangan dalam bentuk kotanya.

F. Hubungan Antara Urban Heat Islands dengan Tutupan Lahan, Kerapatan Vegetasi dan Kerapatan Bangunan

Berdasarkan hasil pengolahan data yang disajikan dalam bentuk peta tutupan lahan dan peta urban heat islands dapat dilihat bahwa wilayah suhu tertinggi (wilayah

UHI) sangat berasosiasi dengan tutupan lahan yang berupa wilayah terbangun. Wilayah suhu yang terendah (kelas 1 dan 2) dapat dijumpai pada tutupan lahan berupa badan air dan perairan darat. Pertanian tanah kering dan pertanian lahan basah pada umumnya berada pada wilayah suhu kelas 3 dan kelas 4.

Analisis secara spasial (kualitatif) dengan cara membandingkan antara peta kerapatan vegetasi (NDVI) terhadap peta suhu permukaan (baik pada tahun 1994, 2000 maupun 2011), menemukan bahwa pola spasial urban heat islands (*land surface temperature*) dan pola spasial kerapatan vegetasi (NDVI) memperlihatkan pola yang tidak jauh berbeda tiap tahunnya. Kerapatan vegetasi (NDVI) dan urban heat islands memiliki korelasi negatif. Artinya, semakin tinggi nilai NDVI, maka akan semakin rendah urban heat islandsnya. Begitu pula sebaliknya, semakin rendah nilai NDVI, maka akan semakin tinggi urban heat islandsnya. Terdapat hubungan linier negatif antara kerapatan vegetasi (NDVI) dengan urban heat islands.

Analisis secara spasial (kualitatif) dengan cara membandingkan antara peta indeks urban (IU) terhadap peta suhu permukaan (baik pada tahun 1994, 2000 maupun 2011), menemukan bahwa pola spasial urban heat islands (*land surface temperature*) dan pola spasial indeks urban (IU) memperlihatkan pola yang tidak jauh berbeda. Indeks urban (IU) dengan suhu permukaan memiliki korelasi positif. Artinya, semakin tinggi nilai IU,

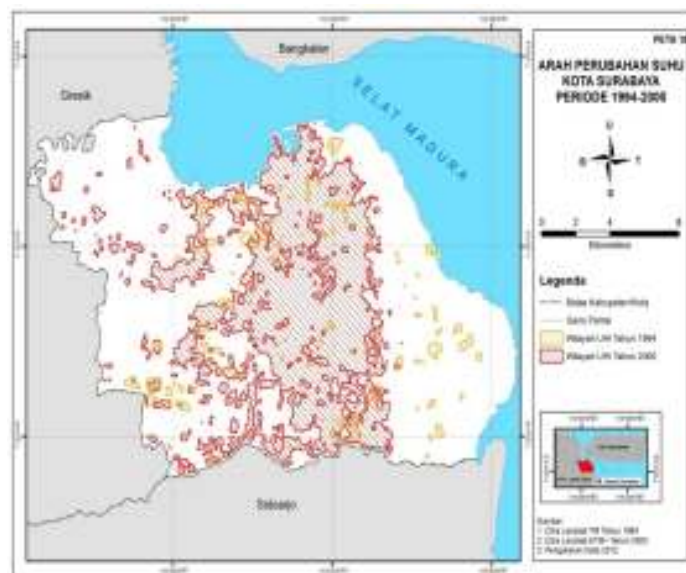
maka akan semakin tinggi nilai suhu permukaannya. Begitu juga sebaliknya, semakin rendah nilai IU, maka akan semakin rendah nilai suhu permukaannya.

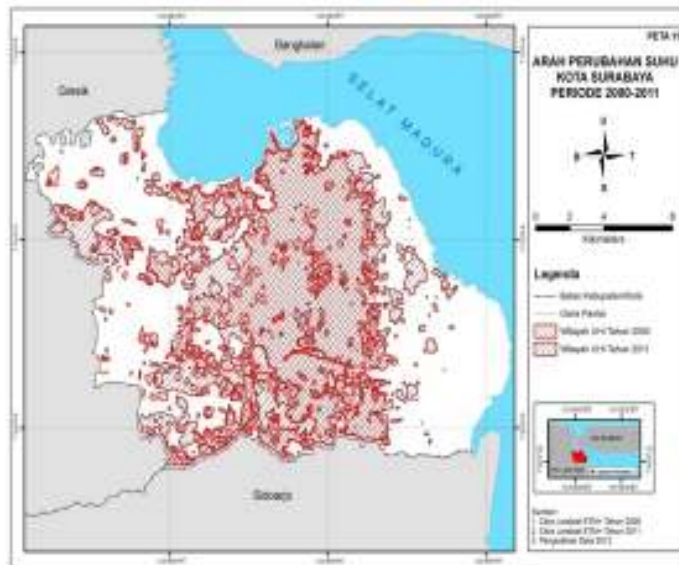
G. Arah Perubahan Urban heat islands Periode 1994-2000 dan 2000-2011

Urban heat islands pada tahun 1994, 2000, dan 2011 dapat dibagi menjadi 2 periode. Pada periode pertama, yaitu tahun 1994-2000, arah perubahan suhu permukaan meluas mengikuti arah perkembangan wilayah terbangun. Pada tahun 1994, wilayah suhu tertinggi (wilayah UHI) terkonsentrasi hanya sedikit di pusat kota (*urban*). Terdapat wilayah UHI di daerah pinggiran kota (*sub-urban*), namun bentuknya hanya berupa seperti strip-strip saja. Pada tahun 2000, seiring dengan adanya penambahan penduduk yang

mengakibatkan semakin meluasnya wilayah terbangun, berdampak pada meningkatnya wilayah UHI menjadi mengelompok di pusat kota dari arah utara ke selatan (Peta 18).

Pada periode kedua, yaitu tahun 2000-2011, wilayah UHI yang tadinya hanya mengelompok dibagian utara-selatan menjadi semakin meluas ke arah barat-timur Kota Surabaya. Hal ini disebabkan karena semakin bertambahnya jumlah penduduk, sehingga wilayah terbangun semakin berkembang ke arah tersebut. Wilayah UHI yang tadinya mengelompok di pusat kota semakin meluas ke arah barat-timur Kota Surabaya, seiring dengan adanya perkembangan wilayah terbangun pada tahun 2011 (Peta 19).





Gambar 8. Peta Arah Perubahan Suhu Permukaan Kota Surabaya
Periode 1994-2000 dan 2000-2011
Sumber: Pengolahan Data, 2012

IV. KESIMPULAN

Urban heat islands (SPD) di Kota Surabaya pada tahun 1994, 2000 dan 2011 memiliki pola spasial yang relatif sama sesuai dengan perkembangan daerah urban, dimana wilayah SPD tinggi (wilayah UHI) cenderung terkonsentrasi di bagian pusat kota. Pada tahun 2011, wilayah UHI bertambah luas dengan pola acak di bagian barat dan timur Kota Surabaya.

Suhu permukaan berkorelasi negatif dengan kerapatan vegetasi. Semakin tinggi suhu permukaan, maka semakin rendah kerapatan vegetasinya. Adapun korelasi suhu permukaan dengan kerapatan bangunan menunjukan nilai positif. Semakin tinggi suhu permukaan, maka semakin tinggi pula kerapatan bangunannya. Suhu permukaan rendah terdapat di bagian tepi wilayah penelitian yakni daerah pertanian lahan basah dan pertanian lahan kering yang mengindikasikan kerapatan vegetasi tinggi dan kerapatan bangunan rendah.

Arah perubahan suhu permukaan pada periode 1994-2000 semakin meluas mengikuti arah perkembangan wilayah terbangun. Arah perubahan wilayah suhu permukaan tinggi (wilayah UHI) pada periode 1994-2000 mengelompok di pusat kota dari arah utara sampai ke selatan. Pada periode 2000-2011, wilayah UHI semakin meluas ke arah barat sampai timur Kota Surabaya.

DAFTAR PUSTAKA

- Abubakar, B. (1991). *Pengelolaan dan Pendayagunaan Sumberdaya Tanah dan Air*. Jakarta: Akademika Pressindo.
- Adiyanti, S. (1993). *Kutub-Kutub Panas di Kota Jakarta*. Tesis Magister Program Studi Ilmu Lingkungan, Program Pasca Sarjana, Universitas Indonesia.

- Adiningsih, E.S. (1994). *Perkembangan Perkotaan dan Dampaknya Terhadap Kualitas Udara dan Iklim di Jakarta dan Sekitarnya*. Majalah LAPAN No. 68. Thn. XVII. Bulan Januari 1994. LAPAN, Jakarta. ISSN 0126-0480. 38 – 52.
- Bauman, P.R. (2001). *An Urban Heat Island*. Washington, D.C. Departement of Geography State University of New York College at Oneonta Oneonta, New York 13820.
- Becker, F & Z. L. Li. (1990). *Towards a Local Split Window Method Over Land Surfaces*. Int. J. Remote Sensing, 11:369-393
- Berst, C.L. & S.N. Goward. (1987). *Deriving Surface Albedo Measurements from Narrow Band Satellite Data*. International Journal of Remote Sensing Vol.8., No.2, Maret 1987.
- Bintarto, R. & Hadisumarno. (1991). *Metode Analisa Geografi*. Cetakan ke-4. Jakarta: LP3ES.
- Chen, X., Zhao H., Li. P., & Yin Z. (2005). *Remote Sensing Image-Based Analysis of the Relationship Between Urban Heat Island and Land Use/Land Cover Changes*. *Remote Sensing of Environment*, 104, 133-146.
- Danoedoro, P. (1996). *Pengolahan Citra Digital*. Yogyakarta, Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada.
- Diharto, S. (1999). *Climate Variable and Its Relation to The Forest Fires Over Maritime Continent of Indonesia*. International Symposium Landuse Change and Forest Management for Mitigation of Disaster and Impact of Climate Change. PERHIMPI. Bogor.
- Geiger, R., R.H.Aron., & P.Todhunter. (1995). *The Climate Near the Ground (ed 4th)*. Friedr, Viewg and Sohn Verlagsgessellschaft mbH. Braunschweig/Wiesbaden.
- Handinoto. (1996). *Perkembangan Kota dan Arsitektur Kolonial Belanda di Surabaya 1870 – 1940*. Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Kristen Petra Surabaya. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Handinoto & Hartono, S. (2007). *Surabaya Kota Pelabuhan (Surabaya Port City)*. Surabaya: Universitas Kristen Petra.
- Harsanugraha, W. K. (1992). *Parameter Albedo sebagai Dasar Observasi Karakteristik Obyek Penginderaan Jauh pada Citra AVHRR*. Warta LAPAN No. 30/31 Tahun XVII.
- Hidayat, H. (2006). *Distribusi Suhu Permukaan Kota Bandung*. Skripsi Sarjana Departemen Geografi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia.
- Hutasoit, N. (2010). *Variasi Distribusi Suhu Permukaan Berdasarkan Tutupan Lahan di Metropolitan Mebidang (Medan, Binjai, Deliserdang) Tahun 2009*. Skripsi Sarjana Departemen Geografi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia.
- Iswanto, P.A. (2008). *Urban Heat Island di Kota Pangkal Pinang tahun 2000 dan 2006*. Skripsi Sarjana Departemen Geografi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia.

- Justice, C.O., J.R.G.Townshend., B.N.Holben & C.J.Tucker. (1985). *Analysis of Phenologi of Global Vegetation Using Meteorological Satellite Data*. International Journal Remote Sensing, 7(11): 121-1146.
- Kawamura, M., Jayamanna, S., & Tsujiko, Y. (1997). *Comparison of urban and enviromental condition in asian cities using satellite remote sensing data*. Proceeding of The 18th Asian Conference on Remote Sensing. Kuala Lumpur.
- Kerr, Y. H., Lagouarade, J. P., & Imbernon, J. (1992). *Accurate Land Surface Temperature Retrieval from AVHRR Data With Use of an Improved Split Window Alogaritm*. Remote Sensing of Environtment, 41, 197-209.
- Lansberg, H.E. (1981). *The Urban Climate*. International Geophysics Series. Vol. 28. Academic Press. New York. 275pp.
- Levin, N. (1999). *Fundamental of Remote Sensing*. Israel: Tel Aviv University.
- Lillesand, T.M. & R. Kiefer. (1994). *Remote Sensing and Image Interpretation*, 3rd edition. New York: John Wiley and Sons, Inc.
- Mora, F. (1999). *Land Surface Characteristic*.
<http://www.calmit.unl.edu/storm/surface.htm>. [mora@tan.unl.edu].
- Morris, N. (1995). *Memahami Lingkungan Atmosfer Kita*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Nichol, J.E. (1996). *High Resolution Surface Temperature Patterns Related to Urban Morphology in a Tropical City: A Satellite-Based Study*. *Journal of Applied Meteorology*, 35, 135 – 146.
- Purwadhi, S.F. (2001). *Interpretasi Citra Digital*. Jakarta: PT.Grasindo.
- Prasati, Indah. (2004). *Analisis Hubungan Penutup Lahan dan Parameter Turunan Data Penginderaan Jauh dengan Albedo Permukaan*. Tesis Magister Program Studi Ilmu Tanah, Program Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Risalah, N. (2010). *Keterkaitan Polutan Udara dan Urban heat islands serta Distribusinya di DKI Jakarta*. Skripsi Sarjana Departemen Geografi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia.
- Rustiadi, E. (1996). *Land use Change in The Suburb Area* (The case study ini Nagahama City, Shiga Prefecture, Japan and Jabotabek Area of Indonesia). A Thesis for Degree of Master of Agriculture. Division of Tropucal Agriculture, Kyoto University.
- Triyanti. (2008). *Pola Suhu Permukaan Kota Semarang Tahun 2001 dan 2006*. Skripsi Sarjana Departemen Geografi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia.
- Turner II, B.L., & Meyer, W.B. (1994). *Global Land-use and Land-cover Change: an Overview*. In W.B. Meyer and B.L. Turner II (Ed). *Changes in Land use and Land cover: A Global Perspective*. Cambridge, Britain.

- Tursilowati, Laras. (2008). *Urban Heat Island dan Kontribusinya Pada Perubahan Iklim dan Hubungannya dengan Perubahan Lahan*. Pusat Pemanfaatan Sains Atmosfer dan Iklim. LAPAN.
- U.S. Environment Protection Agency. (2001). *Heat Island Effect*. EPA Global Warming Actions Local Heat Island Effect. U.S. EPA.
- U.S. Global Change Research Program. (2001). *Our Changing Planet*. A Supplement to the President's Fiscal Year 2002 budget.
- Vink, A.P.A. (1975). *Land Use in Advancing Agriculture*. New York: Springer Verlag.
- Voogt, J.A. (2002). *Urban Heat Island*, In: Douglas, I. (ed) Volume 3, *Causes and Consequences of Global Environment Change*, In: Munn, T. (ed). *Encyclopedia of Global Environment Change*, Chichester: John Wiley & Sons, Ltd. 606 – 666.
- Voogt, J.A. & T.R. Oke. (2003). Thermal Remote Sensing of Urban Climates, *Remote Sensing of Environment*, 86, 370 – 384.